

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

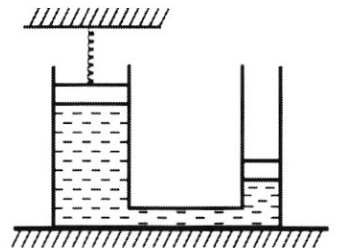
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

- ✓ ① Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

- ✓ ② На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности ρ . На свободных поверхностях жидкости находятся лёгкие поршни. Зазоров между стенками сосудов и поршнями нет. Левый поршень соединён пружиной жёсткости k с верхней опорой. Деформация пружины равна x . Площадь сечения левого поршня S , правого $S/3$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .



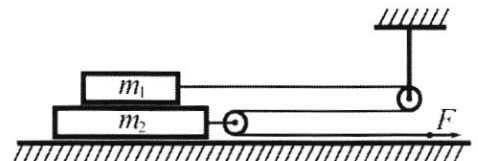
- ✓ 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
- ✓ 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

↓?

- ✓ ③ Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

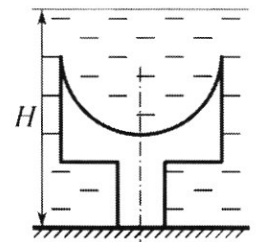
- ✓ 1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $3R$ от центра планеты.
- ✓ 2) Найдите период T обращения спутника.

- ✓ ④ На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 3m$, $m_2 = 5m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



- ✓ 1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.
- ✓ 2) Найдите минимальную силу F , при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

- ✓ ⑤ Ко дну бассейна глубиной $H=3$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 5$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 10$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



- 1) Найдите давление P_1 вблизи дна.
- 2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$|v| = v_0/2$$

$t = ?$

$h = ?$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:

$v(t) = v_0 - gt$, так как движение ~~равномерное~~
равнопеременное (см. рис.)

Если $|\vec{v}| = |\vec{v}_0/2|$, то

$$\vec{v} = \pm \vec{v}_0/2$$

⇓

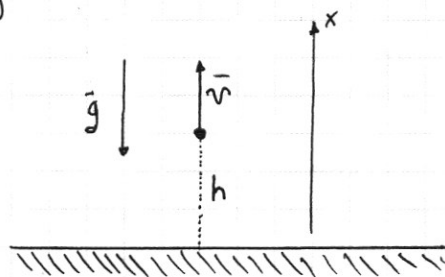
$$\pm \vec{v}_0/2 = \vec{v}_0 - \vec{g}t$$

Если „+“: $-\vec{v}_0/2 = -\vec{g}t$

$$t = \frac{v_0}{2g} = \frac{10 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \underline{0,5 \text{ с}}$$

Если „-“: $-1,5 v_0 = -gt$

$$t = \frac{1,5 v_0}{g} = \frac{1,5 \cdot 10 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = \underline{1,5 \text{ с}}$$



Для определения h в найденные моменты времени используем формулу р/н движения:

Примечание:

$$h(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

ситуация с высотами, на которых достигают скорости в момент отрыва. Для обозначения того, что так будет всегда

$$h(0,5) = 10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} = 5 - 1,25 = \underline{3,75 \text{ м}}$$

$$h(1,5) = 10 \cdot 1,5 - \frac{10 \cdot 1,5^2}{2} = 15 - 11,25 = \underline{3,75 \text{ м}}$$

можно использовать, например ЗСЭ. (т.е. $gh = \frac{v^2 - v_0^2}{2}$)

Ответ: $t_1 = 0,5 \text{ с}; t_2 = 1,5 \text{ с}$

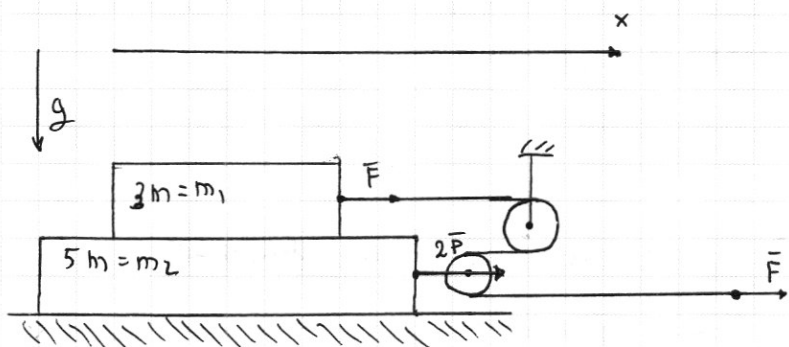
$$h_1 = h_2 = 3,75 \text{ м}$$

Задача 4.

$$F_0 = ?$$

$$F_{тр1} = 0$$

Нижний груз движется.



Если нижний груз движется, то $F_{тр2} \leq 2F_0$,

Если $F_{тр1} = 0$, то $a_1 = a_2$ (необходимо):

$$x: \frac{F_0}{3m} = \frac{2F_0 - (3m+5m) \cdot \mu g}{5m} \quad (\text{По II з. Ньютона для обоих грузов по оси } x \text{ (вправо)})$$

Примечание:

$$F_{тр2} = (3m+5m)g\mu,$$

т.к. $N = mg$, и это —

сила трения скольжения по движению

↓

$$5mF_0 = 6mF_0 - 8m^2 \cdot \mu \cdot g \cdot 3$$

$$F_0 = 24m\mu g, \text{ при этом}$$

$$2F_0 = 48m\mu g > (5+3)m \cdot \mu \cdot g$$

Тогда верно ↓

Для нахождения $F_{тр}$ запишем условия ~~уравнения~~ в виде неравенств:

$$F_{тр1} + F_{тр2} < 2F \quad (\text{движение нижнего})$$

$$3m\mu + (3m+5m)g\mu < 2F$$

$$a_1 < a_2 \quad (\text{движение верхнего блока})$$

$$\frac{F + 3m\mu}{3m} < \frac{2F - 3m\mu - (3m+5m) \cdot g\mu}{5m}$$

$$5Fm + 15m^2g\mu < 6Fm - 33m^2g\mu$$

$$-2Fm < -48m^2g\mu$$

$$F > 48m^2g\mu \quad ; \quad 11m^2g\mu < 2F$$

$$F > 5,5m^2g\mu$$

всегда выполняется.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Таким образом $F_{\min} \approx 48 \text{ мдН}$

~~Примерно, т.к. нужно некое соотношение между условиями~~

Ответ: $F_0 = 24 \text{ мдН}$

$F = 48 \text{ мдН}$

Примечание: $F = 48 \text{ мдН}$, несмотря

на строгий знак неравенства, т.к.

если $a_1 = a_2$, то выполнено

условие для F_0 , которое меньше

F , а значит даже $F = 48 \text{ мдН}$

подходит.

Задача 3.

$h = R; \rho; G$
 $g(zR) = ?$
 $T = ?$

Для нахождения $g(zR)$ запишем формулу силы тяжести и затем внешнего тяготения.

$$m \cdot g(zR) = G \frac{m \cdot M}{z^2 R^2}$$

$$g(zR) = G \cdot \frac{V \cdot \rho}{g R^2}$$

$$g(zR) = G \cdot \frac{\frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot \rho}{g R^2} = \frac{4 \pi R \rho G}{3g}$$

Для нахождения периода (T) запишем равенство a_g и a (для того, чтобы спутник не падал):

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\omega^2 R = g(h)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g(h)}{h}}$$

↓

$$T \stackrel{\downarrow}{=} \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g(h)}{h}}} = \sqrt{\frac{4\pi h}{g(h)}}$$

$$g(h) = \frac{4}{3} \pi \rho R G$$

⇓

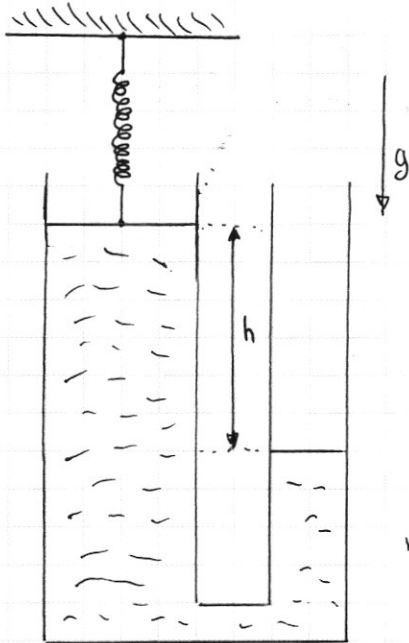
$$T = \sqrt{\frac{4\pi h}{\frac{4}{3} \pi \rho R G}} = 2\sqrt{\frac{3\pi h}{\rho R G}}$$

Обрат: $g(3R) = \frac{4}{27} \cdot \pi R \rho G$

$$T = 2\sqrt{\frac{3\pi h}{\rho R G}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2.



Дано:

$$\rho; S; S/3; x; k; g$$

$$h=?; m=?$$

На малый поршень вверх действует сила давления = $P \cdot S/3 =$

$$= \rho g h S/3$$

А на большой поршень (по пр-лу гидравл механики) действует вверх втрое (т.к. $\frac{S}{S/3} = 3$) большая сила.

$$\Downarrow$$

$$(\rho g h S/3) \cdot 3 = F, \text{ где } F = x \cdot k$$

$$\Downarrow$$

$$\rho g h S = x k$$

$$\Downarrow$$

$$h = \frac{x k}{\rho g S}$$

Если пружина не деформирована, то верхний поршень будет на x выше, а нижний на $3x$ (т.к. $\frac{S}{S/3} = 3$) ниже. $\Rightarrow h' = h + x + 3x = h + 4x$

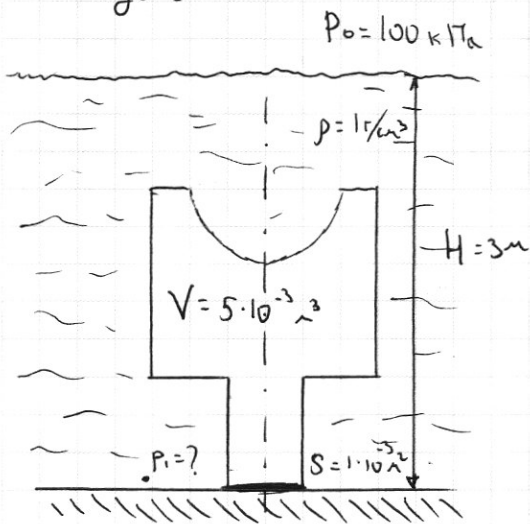
Тогда равна сила давления на нижний поршень и сила тяжести груза: $\rho g (h + 4x) \cdot S/3 = mg$

$$\Downarrow$$

$$m = \frac{\rho (h + 4x) \cdot S}{3}$$

$$\text{Ответ: } h = \frac{x k}{\rho g S}; m = \frac{\rho (h + 4x) \cdot S}{3};$$

Задача 5.



$$P_1 = P_0 + P_{гидр.}$$

$$P_{гидр.} = \rho g H$$

⇓

$$P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \cdot 10^3 + 1000 \cdot 10 \cdot 3 =$$

$$= 100000 + 30000 = 130000 \text{ Па} = \underline{\underline{1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}}}$$

$$\vec{F} = ?$$

Заметим, что сила \vec{F} точно направлена либо вниз, либо вверх, т.к. силы давлений действующие на тело влече другие стороны взаимно компенсируются. (любые стороны - это бока. Если сила направлена как-то так, то имеет и вертикальное, и горизонтальное проекции, то компенсуются только горизонтальные).

Предположим, что клей водорастворимый, тогда, когда клей растворится, вода попадет под конструкцию и можно будет использовать силу Архимеда. Тогда очевидно, что в тот момент, когда клей ещё не растворился итоговая сила $\vec{F} = \vec{F}_A - \vec{F}_P$, где \vec{F}_P - сила давления воды на нижнюю часть детали при погружении под неё воды.

$$\vec{F} = \vec{F}_A - \vec{F}_P \quad |\vec{F}| = |V \cdot \rho \cdot g - S \cdot P_1| = |50 \text{ Н} - 1300 \text{ Н}| =$$

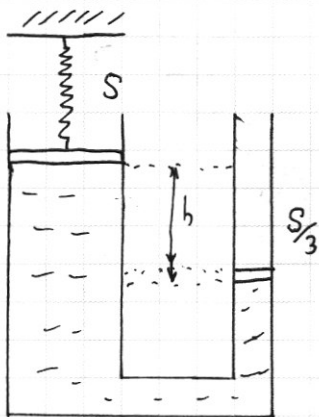
$$= |-80 \text{ Н}| = 80 \text{ Н}. \quad \text{Т.к. подмодульное выражение } < 0, \text{ то } \vec{F}$$

направлена вниз.

Ответ: $P_1 = 1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$

$|\vec{F}| = 80 \text{ Н};$ Направлена вниз!

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F = kx$$

~~$$\rho g h = F$$~~

~~$$\rho g h \cdot S/3 = F/3$$~~

$$\rho g h \cdot S/3 = F/3$$

$$h = \frac{F}{\rho g S}$$

$$F = 3 \text{ N}$$

$$H = \frac{k \Gamma^2}{\text{M}^2} \cdot \frac{\text{M}^2 \cdot \text{H}}{k \Gamma^2}$$

$$\frac{k \Gamma^2 \cdot \text{H}}{\text{M}^2} = \text{M}$$

$$G = \frac{m_1 m_2}{g R^2} = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$G \rho \cdot \pi \cdot R \cdot \frac{4}{27}$$

$$\sqrt{\frac{k \Gamma^2 \cdot \text{M}^2 \cdot \text{H}}{\text{M}^3 \cdot k \Gamma^2}}$$

$$\frac{\text{H}}{\text{M} \cdot k \Gamma}$$

$$\frac{k \Gamma \cdot \text{M}}{\text{H}}$$

$$1) 2F_0 \geq 8mgH$$

$$M/c^2 = M \cdot \frac{1}{c^2}$$

~~$$2F_0 - 8mgH =$$~~

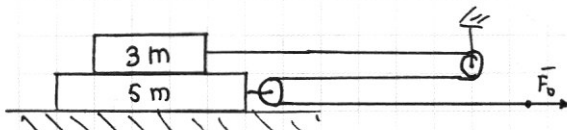
$$\frac{2F_0 - 8mgH}{5m} = \frac{F_0}{3m}$$

$$5F_0 m = 6F_0 m - 24m^2 gH$$

$$F_0 = 24m gH$$

$$2F_0 = 48m gH \geq 8mgH$$

$$= \sqrt{\frac{\text{M} \cdot k \Gamma^2}{\text{H}}} = \sqrt{\frac{\text{M} \cdot c^2}{\text{M}}} = \sqrt{c^2} = c$$



$$2) 2F \geq 8mgH$$

$$\frac{2F_0 - 8mgH}{5m} \geq \frac{F_0}{3m}$$

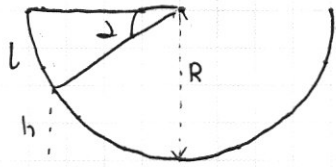
$$\sqrt{\frac{\text{M}}{M/c^2}}$$

$$\sqrt{c^2} = c$$

$$\sqrt{\frac{\text{M} \cdot k \Gamma^2 \cdot \text{H}}{\text{M}^3 \cdot k \Gamma^2}}$$

$$V = -\frac{2}{3}\pi R^3 + 2\pi R \cdot h_1 + S \cdot h_2$$

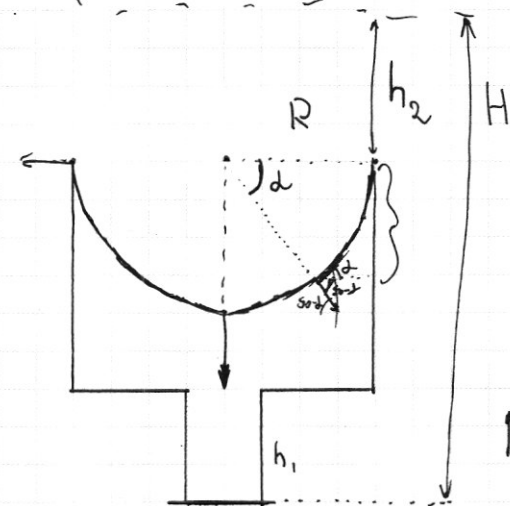
~~Handwritten scribbles~~



$$h = R(1 - \sin \alpha)$$

$$l = R \cdot \alpha$$

~~Handwritten scribbles~~



$$\uparrow: p \cdot g \cdot (H - h_1) \cdot (2\pi R - S)$$

$\downarrow:$

$$F = (h_2 + R \cdot (1 - \sin \alpha)) \cdot p \cdot g \cdot dS \cdot \sin(90^\circ - \alpha)$$

$\cos \alpha$



$$\sin 90^\circ = 1$$

S

~~Handwritten scribbles~~

$$\frac{\pi R^2}{2} \cdot \pi R =$$

$$\frac{\pi^2 R^3}{2}$$

$\downarrow \varphi = 90^\circ$

~~Handwritten scribbles~~

0



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

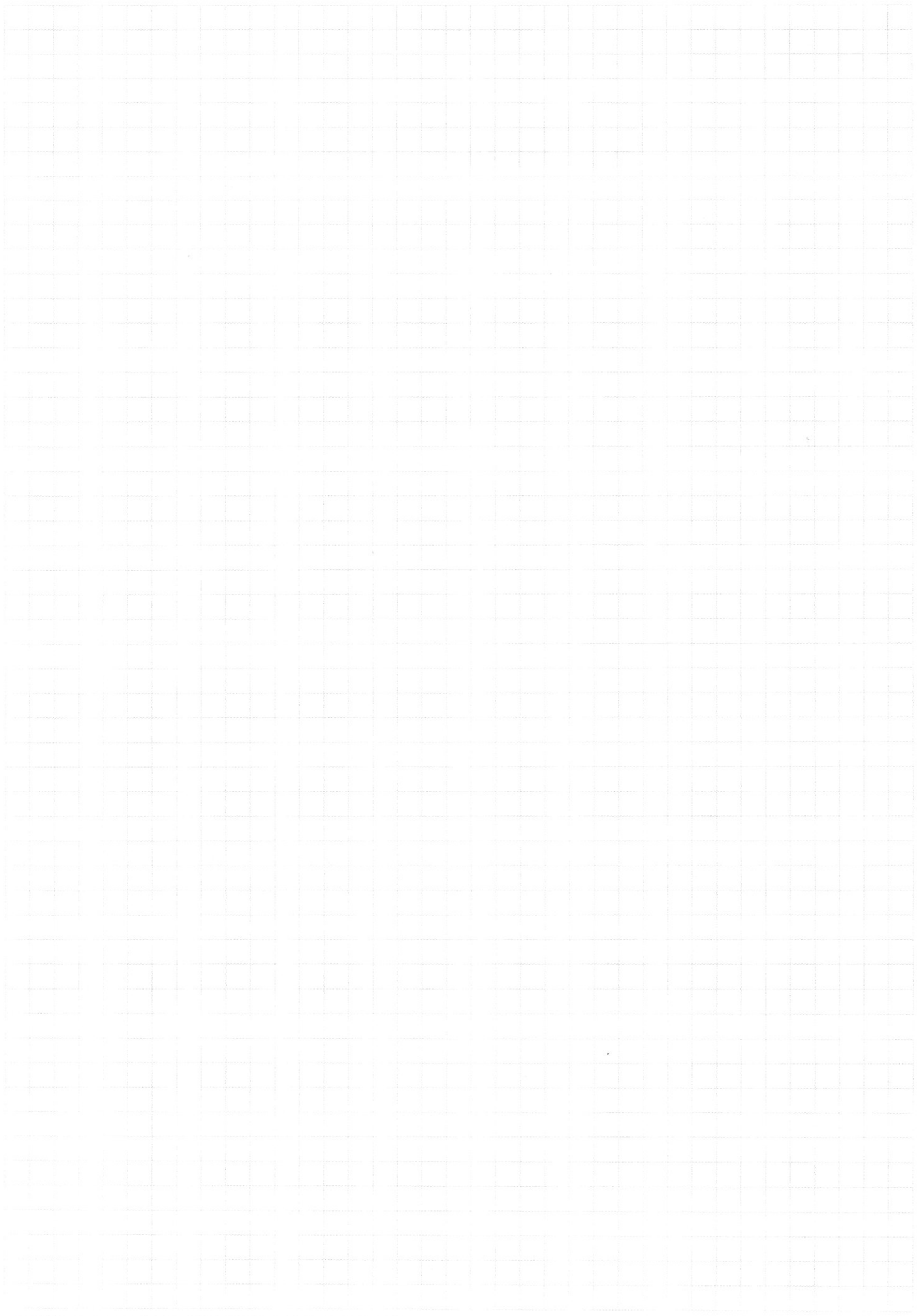
50 Нт, 10^{-4} м, 10^{-3} м, 10^{-2} м.

$$10 \cdot 0,01^2 =$$

$$10^{-4} \cdot 10$$

$$10^{-3} \cdot 10^5$$

$$10^2 \cdot 1,3 = 130$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)